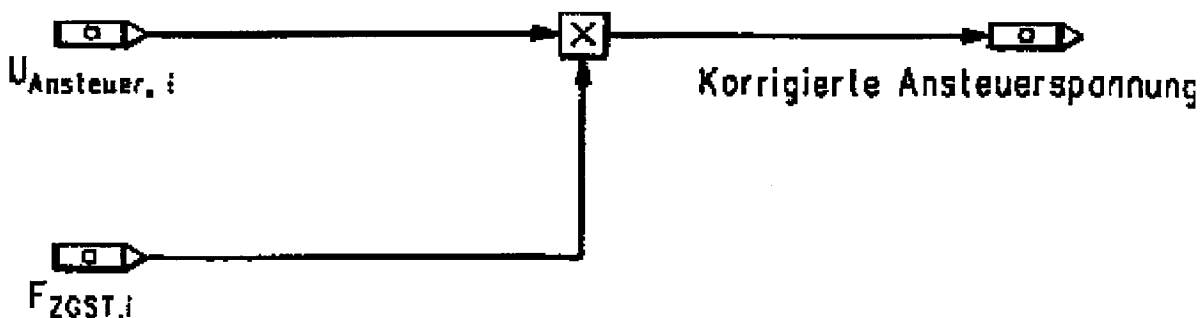


AN: PAT 2004-170460
TI: Compensation method for moment differences of cylinders of combustion engine involves correcting hub of injection valve allocated to cylinder depending on cylinder coordination factor
PN: **DE10233778-A1**
PD: 05.02.2004
AB: NOVELTY - The method involves determining part moments provided by the cylinders of the combustion engine. A cylinder coordination factor (FZGST,i) is formed for each cylinder. The hub of the injection valve allocated to the cylinder is corrected depending on the cylinder coordination factor. Each cylinder has an injection valve with variable hub. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also provided for (1) Computer program for the compensation method (2) Control apparatus for combustion engine; USE - For combustion engine. ADVANTAGE - Improves concentricity of combustion engine without requiring change of injection duration hence mixture formation and ignition of mixture do not deteriorate. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The drawing shows a block diagram of the compensation method. (The drawing includes non-English language text.) Cylinder coordination factor FZGST,i
PA: (BOSC) BOSCH GMBH ROBERT;
IN: AMLER M; FRENZ T; JOOS K;
FA: **DE10233778-A1** 05.02.2004; JP2005533969-W 10.11.2005; WO2004016931-A1 26.02.2004; EP1527267-A1 04.05.2005;
CO: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; EP; ES; FI; FR; GB; GR; HU; IE; IT; JP; LI; LU; MC; NL; PT; RO; SE; SI; SK; TR; US; WO;
DN: JP; US;
DR: AT; BE; BG; CH; CY; CZ; DE; DK; EE; ES; FI; FR; GB; GR; HU; IE; IT; LU; MC; NL; PT; RO; SE; SI; SK; TR; LI;
IC: F02D-041/02; F02D-041/14; F02D-041/20; F02D-041/34; F02D-041/36; F02D-041/38; F02M-051/06;
MC: T01-J07D1; T01-S03; X22-A02A; X22-A03A1;
DC: Q52; Q53; T01; X22;
FN: 2004170460.gif
PR: DE1033778 25.07.2002;
FP: 05.02.2004
UP: 17.11.2005



7 Steuerung des Hubs von
Einspritzventilen

2003 P 795433



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 102 33 778 A1 2004.02.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 102 33 778.0

(22) Anmeldetag: 25.07.2002

(43) Offenlegungstag: 05.02.2004

(51) Int Cl.⁷: F02D 41/38

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(74) Vertreter:

Dreiss, Fuhlendorf, Steimle & Becker, 70188
Stuttgart

(72) Erfinder:

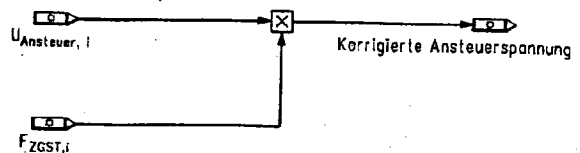
Joos, Klaus, 74399 Walheim, DE; Frenz, Thomas,
86720 Nördlingen, DE; Amler, Markus, 71229
Leonberg, DE

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: Verfahren zum Verbessern des Rundlaufs einer Brennkraftmaschine

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Verbesserung des Rundlaufs von Brennkraftmaschinen, insbesondere von Brennkraftmaschinen mit strahlgeführter Benzin-Direkteinspritzung, beschrieben, bei welchem die Verbesserung des Rundlaufs im Wesentlichen durch eine Variation des Hubs der Einspritzventile erfolgt.



Beschreibung**Stand der Technik**

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Kompensation von Momentenunterschieden der Zylinder einer Brennkraftmaschine, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem der Brennkraftmaschine für jeden Zylinder ein Einspritzventil mit variablem Hub aufweist.

[0002] Aufgrund der unvermeidbaren Herstellungstoleranzen von Komponenten der Kraftstoffeinspritzanlage und der Brennkraftmaschine geben die einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine trotz gleicher Ansteuerung der Einspritzventile eine unterschiedliche Leistung, bzw. ein unterschiedliches Moment ab. Dies äußert sich in einem unrunder Lauf der Brennkraftmaschine, insbesondere im Teillastbereich und im Leerlauf.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 33 36 028 A1 ist eine Einrichtung zur Beeinflussung von Steuergrößen einer Brennkraftmaschine bekannt, mit deren Hilfe die von den einzelnen Zylindern abgegebenen Leistungen einzeln geregelt und aneinander angenähert werden. Dadurch ergibt sich der gewünschte runde Lauf der Brennkraftmaschine. Die Leistungsregelung der einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine erfolgt dabei durch die Variation der Einspritzdauer.

[0004] Bei modernen Motorenkonzepten, insbesondere bei Brennkraftmaschinen mit strahlgeführter Benzin-Direkteinspritzung, ist eine Variation der Einspritzdauer nicht ohne weiteres möglich, da die Einspritzdauer Einfluss auf die Gemischbildung hat. Infolgedessen kann durch eine Änderung der Einspritzdauer die Gemischbildung negativ beeinflusst werden und die Zündung des im Brennraum gebildeten Gemischs nicht zum richtigen Zeitpunkt erfolgen.

Aufgabenstellung

[0005] Das erfindungsgemäße Verfahren zur Kompensation von Momentenunterschieden der Zylinder einer Brennkraftmaschine, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem der Brennkraftmaschine für jeden Zylinder ein Einspritzventil mit variablem Hub aufweist, wobei die von den Zylindern der Brennkraftmaschine abgegebenen Teilmomente erfasst werden, ein Zylindergleichstellungsfaktor für jeden Zylinder gebildet wird und der Hub der Einspritzventile zylinderindividuell in Abhängigkeit des Zylindergleichstellungsfaktors korrigiert wird, erlaubt eine Verbesserung des Rundlaufs der Brennkraftmaschine, ohne die Einspritzdauer zu verändern. Da die Einspritzdauer unverändert bleibt, ändert sich auch die Gemischbildung in den Brennräumen der Brennkraftmaschine nicht, so dass keine Verschlechterung bei der Gemischbildung und der Zündung des Gemisches eintritt.

[0006] Da in der Serienfertigung bereits heute Einspritzventile mit variablem Hub eingesetzt werden, kann das erfindungsgemäße Verfahren ohne zusätzliche Kosten, wenn man von den Kosten für die Programmierung des Steuergeräts absieht, implementiert werden.

[0007] Es hat sich als besonders vorteilhaft erwiesen, wenn als Einspritzventile elektrisch gesteuerte Einspritzventile, insbesondere Piezoventile mit nach außen öffnenden Einspritzdüsen, eingesetzt werden, da bei diesen die Einspritzmenge je Zeiteinheit durch eine Korrektur des Hubs des Einspritzventils in Abhängigkeit eines Zylindergleichstellungsfaktors erfolgen kann. Die Korrektur des Hubs kann durch eine Korrektur der Ansteuerspannung oder der Ladung mit der der Piezo-Aktor beaufschlagt wird erfolgen. Nachfolgend wird im Zusammenhang mit der Erfindung immer nur von einer Korrektur der Ansteuerspannung gesprochen. Damit ist immer auch eine Korrektur der Ladung gemeint.

[0008] Die Umrechnung des Korrekturfaktors in eine Ansteuerspannung, bzw. eine Ladung kann auch indirekt erfolgen, indem z. B. ein Soll-Durchflußwert oder ein Soll-Nadelhub oder ein Soll-Aktorhub korrigiert wird und dieser Soll-Wert dann in eine Ansteuerspannung, bzw. eine Ladung umgerechnet wird.

[0009] Besonders einfach ist die Korrektur der Ansteuerspannung, wenn die Ansteuerspannung durch Multiplikation mit dem Zylindergleichstellungsfaktor korrigiert wird. Auch bei diesen Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens werden keine Änderungen an der Einspritzanlage erforderlich, mit Ausnahme einer Umprogrammierung des Steuergeräts.

[0010] Es hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn der Zylindergleichstellungsfaktor auf einen Maximalwert und einen Minimalwert beschränkt wird, so dass die Änderung des Ventilhubes der Einspritzventile auf einen Bereich, innerhalb dessen der Ventilhub mit ausreichender Präzision steuerbar ist, beschränkt wird.

[0011] Wenn der Zylindergleichstellungsfaktor größer als der vorliegende Maximalwert oder kleiner als der vorliegende Minimalwert ist, kann nach folgenden Vorschriften ein Korrekturfaktor für die Einspritzdauer berechnet werden:

– Der Korrekturfaktor für die Einspritzdauer ist gleich 1,0, wenn der Zylindergleichstellungsfaktor kleiner als der Maximalwert und größer als der Minimalwert ist.

– Der Korrekturfaktor ist gleich dem Quotient aus Zylindergleichstellungsfaktor und Maximalwert, wenn der Zylindergleichstellungsfaktor größer als der Maximalwert ist.

– Der Korrekturfaktor ist gleich dem Quotient aus Zylindergleichstellungsfaktor und Minimalwert, wenn der Zylindergleichstellungsfaktor kleiner als der Maximalwert ist.

[0012] Durch diese zusätzlichen Verfahrensschritte

kann ein guter Rundlauf der Brennkraftmaschine auch dann erreicht werden, wenn die Toleranzen der Brennkraftmaschine oder der Einspritzventile relativ groß sind. Dabei wird zunächst der Rundlauf durch eine Änderung des Hubs der Einspritzventile verbessert. Wenn diese Möglichkeit ausgeschöpft wurde, wird der kleine verbleibende Korrekturbereich, der außerhalb des Maximalwerts und des Minimalwerts des Zylindergleichstellungsfaktors liegt, durch eine Änderung der Einspritzdauer abgedeckt. Diese Änderung der Einspritzdauer ist relativ gering und wirkt sich nicht nachteilig auf die Gemischbildung und das Betriebsverhalten der Brennkraftmaschine aus.

[0013] Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die erforderliche Einspritzmenge des Zylinders mit dem Korrekturfaktor multipliziert wird und anschließend in eine zylinderindividuelle Einspritzzeit umgerechnet wird.

[0014] Die angestrebte Verbesserung der Laufruhe der Brennkraftmaschine kann auch durch ein Computerprogramm oder ein Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, welche nach einem der vorher beschriebenen Verfahren arbeiten, erreicht werden.

[0015] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar.

Ausführungsbeispiel

[0016] In der Zeichnung zeigen:

[0017] **Fig. 1:** ein Blockschaltbild eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0018] **Fig. 2:** ein Blockschaltbild eines zweiten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens;

[0019] **Fig. 3:** ein Blockschaltbild der Aufteilung des Zylindergleichstellungsfaktors in eine Änderung der Ladung, bzw. Spannung und eine Änderung der Einspritzdauer;

[0020] **Fig. 4:** ein Blockschaltbild der Änderung der Einspritzdauer des erfindungsgemäßen Verfahrens; und

[0021] **Fig. 5:** ein Beispiel eines mit einer mittels Piezoaktor betätigten Hochdruckeinspritzventils mit variablem Hub.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0022] **Fig. 1** zeigt ein Blockschaltbild, anhand dessen nachfolgend ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens beschrieben wird.

[0023] Abhängig von den Lastanforderungen an die nicht dargestellte Brennkraftmaschine wird ein elektrisch betätigtes Einspritzventil (nicht dargestellt) mit einer Ansteuerspannung $U_{\text{Ansteuer}, i}$ bzw. einer Ladung Q_i angesteuert. Der Index 'i' steht dabei für die Nummer eines Zylinders. Es gilt $i = 1$ bis n , wenn 'n' die Zahl der Zylinder der Brennkraftmaschine ist. Damit

soll zum Ausdruck gebracht werden, dass die Ansteuerspannung U_{Ansteuer} bzw. die Ladung Q_i in Abhängigkeit von weiteren Parametern, auf die im Zusammenhang mit der Erfindung nicht weiter eingegangen werden soll, für jeden Zylinder Z_i individuell festgelegt werden kann.

[0024] Während des Betriebs der Brennkraftmaschine werden von den Zylindern der Brennkraftmaschine abgegebenen Teilmomente M_i , die sich zu der Gesamtleistungsabgabe der Brennkraftmaschine addieren, erfasst. Dabei muss die Erfassung der Teilmomente M_i nicht notwendigerweise eine direkte Messung beinhalten, sondern es kann beispielsweise auch die Beobachtung und Messung der Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle und einer Korrelation dieser Drehgeschwindigkeit mit den Zündzeitpunkten der Zylinder der Brennkraftmaschine erfolgen. Wenn sich die Teilmomente M_i der Zylinder Z_i innerhalb eines Arbeitshubs der Brennkraftmaschine voneinander unterscheiden, wird anschließend Zylindergleichstellungsfaktor für jeden Zylinder gebildet, so dass unter Berücksichtigung des Zylindergleichstellungsfaktors die Laufruhe der Brennkraftmaschine verbessert wird.

[0025] In **Fig. 1** ist der Zylindergleichstellungsfaktor mit $F_{\text{ZGST}, i}$ bezeichnet. Auch dieser Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ wird in der Regel für jeden Zylinder Z_i unterschiedlich sein.

[0026] Um zu einer korrigierten Ansteuerspannung $U_{\text{Ansteuer}, i}$ bzw. einer Ladung Q_i des nicht dargestellten Einspritzventils des Zylinders Z_i und infolgedessen zu einem korrigierten Hub des Einspritzventils zu gelangen, wird die Ansteuerspannung $U_{\text{Ansteuer}, i}$ bzw. die Ladung Q_i mit dem Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ multipliziert. Das Produkt aus Ansteuerspannung $U_{\text{Ansteuer}, i}$ und Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ ist die korrigierte Ansteuerspannung, bzw. die korrigierte Ladung.

[0027] In **Fig. 2** ist ein weiteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens als Blockschaltbild dargestellt. Der wesentliche Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 1** besteht darin, dass der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ durch einen Maximalwert $F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$ und einen Minimalwert $F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$ in einem Begrenzer 1 begrenzt wird.

[0028] Der Begrenzer 1 hat die in der **Fig. 2** dargestellte Kennlinie, d.h. wenn der Zylindergleichstellungsfaktor kleiner als der Minimalwert $F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$ wird, wird der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ gleich dem Minimalwert $F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$ gesetzt und wenn der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ größer als der Maximalwert $F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$ ist, wird der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ gleich dem Maximalwert $F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$ ersetzt. Andernfalls bleibt der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ unverändert. Mit dem durch den Begrenzer 1 gegebenenfalls veränderten Zylindergleichstellungsfaktor $F_{\text{ZGST}, i}$ wird, in gleicher Weise wie anhand der **Fig. 1** erläutert, die Ansteuerspannung $U_{\text{Ansteuer}, i}$ bzw. die Ladung Q_i des Einspritzventils (nicht dargestellt) in eine korrigierte Ansteuerspannung, bzw. eine kor-

rigierte Ladung (nicht dargestellt) umgewandelt.

[0029] In Fig. 3 wird das Verfahren beschrieben, welches angewandt wird, wenn der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{ZGST,i}$ größer dem Maximalwert $F_{ZGST,Max}$ oder kleiner dem Minimalwert $F_{ZGST,Min}$ ist. Der Grundgedanke bei dieser Ergänzung des Verfahrens ist, dass der durch den Hub des Einspritzventils nicht kompensierbare Unterschied der Leistung der Zylinder Z_i durch eine Änderung der zylinderindividuellen Einspritzdauer $F_{T,einspritz,i}$ erfolgt.

[0030] Dazu wird geprüft, ob der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{ZGST,i}$ größer als der Maximalwert $F_{ZGST,Max}$ ist. Wenn diese Prüfung negativ ist, wird ein Korrekturfaktor $F_{T,einspritz,i}$ für die Dauer der Einspritzung gleich 1,0 gesetzt. Wenn die Prüfung positiv ausfällt, wird der Korrekturfaktor $F_{T,einspritz,i}$ durch die Bildung eines Quotienten aus dem Zylindergleichstellungsfaktor $F_{ZGST,i}$ und dem Maximalwert $F_{ZGST,Max}$ gebildet.

[0031] Durch diese Maßnahme wird der Teil des Zylindergleichstellungsfaktors, der nicht durch eine Änderung des Hubs des Einspritzventils berücksichtigt werden kann, durch eine Erhöhung der Einspritzdauer genommen. Der Korrekturfaktor $F_{T,einspritz,i}$ ist in dem zuletzt beschriebenen Fall größer 1,0.

[0032] Parallel dazu wird geprüft, ob der Zylindergleichstellungsfaktor $F_{ZGST,i}$ kleiner als der Minimalwert $F_{ZGST,Min}$ ist. Wenn diese Prüfung negativ ausfällt, wird der Korrekturfaktor $F_{T,einspritz,i}$ gleich 1,0 gesetzt. Wenn diese Prüfung positiv ausfällt, wird der Korrekturfaktor $F_{T,einspritz,i}$ aus dem Quotient aus Zylindergleichstellungsfaktor $F_{ZGST,i}$ und dem Minimalwert $F_{ZGST,Min}$ gebildet. In dem zuletzt beschriebenen Fall hat der Korrekturwert $F_{T,einspritz,i}$ jetzt einen Wert kleiner 1,0.

[0033] In Fig. 4 wird dargestellt, wie die Einspritzzeit in Abhängigkeit des Korrekturfaktors $F_{T,einspritz,i}$ korrigiert wird.

[0034] Dabei wird davon ausgegangen, dass aufgrund der Lastanforderungen an die Brennkraftmaschine und anderer Betriebsparameter eine bestimmte geforderte Kraftstoffmenge vom Steuergerät der Brennkraftmaschine berechnet wird. Diese geforderte Kraftstoffmenge wird mit dem Korrekturfaktor $F_{T,einspritz,i}$ multipliziert, und anschließend wird aus dieser multiplizierten geforderten Kraftstoffmenge eine Einspritzzeit für den betroffenen Zylinder Z_i berechnet. Somit kann auch bei Zylindern, deren Betriebsverhalten durch Herstellungstoleranzen große Unterschiede aufweist, ein sehr ruhiger Lauf erzielt werden, indem nämlich ein Teil der Unterschiede durch eine zylinderindividuelle Variation des Ventilhubes der Einspritzventile und der verbleibende Teil durch eine zylinderindividuelle Variation der Einspritzdauer der Einspritzventile kompensiert wird.

[0035] In Fig. 5 wird ein Einspritzventil 3 schematisch dargestellt, welches zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens geeignet ist. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Typ von Einspritzventilen 3 beschränkt. Das Einspritzventil 3 besteht aus einem Düsenkörper 5 in dem eine Düsennadel 7

geführt ist. An einem in den Brennraum einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine ragenden Ende 9 des Einspritzventils 3 ist ein Dichtsitz (nicht dargestellt) im Düsenkörper 5 ausgebildet, der so mit der Düsennadel 7 zusammenwirkt, dass wenn die Düsennadel 7 geöffnet wird, d.h. in der dargestellten Position des Einspritzventils 3 nach links bewegt wird, die Düsennadel 7 vom nicht dargestellten Dichtsitz abhebt. Durch eine Spiralfeder 11, welche sich einend am Düsenkörper 5 und anderenends an der Düsennadel 7 abstützt, wird die Düsennadel 7 in ihren Dichtsitz (nicht dargestellt) bewegt, wenn das Einspritzventil 3 stromlos geschaltet ist.

[0036] Betätigt wird die Düsennadel 7 und damit das Einspritzventil 3 durch einen Piezoaktor 13. Zwischen dem Piezoaktor 13 und der Düsennadel 7 ist ein Zwischenkolben 15 angeordnet, der ebenso wie die Düsennadel 7 im Düsenkörper 5 geführt wird. Der durch den gestrichelten Kreis 5 angeordnete Bereich 17 des Düsenkörpers 5 in dem sowohl die Düsennadel 7 als auch der Zwischenkolben 15 geführt werden, dient gleichzeitig auch als hydraulischer Koppler zwischen Kolben 15 und Düsennadel 7. Der Zwischenraum zwischen dem Kolben 15 und der Düsennadel 7 ist mit Kraftstoff gefüllt und überträgt die schnellen Steuerbewegungen, welche vom Piezoaktor 13 auf den Zwischenkolben 15 übertragen werden, direkt auf die Düsennadel 7.

[0037] Wenn sich der Abstand zwischen Düsennadel 7 und Zwischenkolben 15 langsam ändert, tritt eine gewisse Leckage von Kraftstoff zwischen Düsennadel 7 und Zwischenkolben 15 einerseits und Düsenkörper 5 in dem Bereich 17 auf, so dass die Änderungen des Abstands zwischen Düsennadel 7 und Zwischenkolben 15 kompensiert werden. Ursache für Längenänderungen des Einspritzventils 3 und in Folge dessen auch des Abstands zwischen Düsennadel 7 und Zwischenkolben 15 können Temperaturänderungen des Einspritzventils 3 sein.

[0038] Eine zweite Spiralfeder 19 presst den Kolben 15 an den Piezoaktor 13, so dass diese beiden Bauelemente stets spielfrei miteinander verbunden sind.

[0039] Über eine Kraftstoffzufuhr 21 wird das Einspritzventil 3 mit Kraftstoff versorgt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kompensation von Momentenunterschieden Zylinder (Z_i , mit $i = 1$ bis m) einer Brennkraftmaschine, wobei das Kraftstoffeinspritzsystem der Brennkraftmaschine für jeden Zylinder (Z_i) ein Einspritzventil (3) mit variablem Hub aufweist, gekennzeichnet durch folgende Verfahrensschritte:
 - Erfassen der von den Zylindern (Z_i) der Brennkraftmaschine abgegebenen Teilmomente (M_i),
 - Bilden eines Zylindergleichstellungsfaktors ($F_{ZGST,i}$) für jeden Zylinder (Z_i) und
 - Korrigieren des Hubs des dem Zylinder (Z_i) zugeordneten Einspritzventils (3) in Abhängigkeit des Zylindergleichstellungsfaktors ($F_{ZGST,i}$)

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Hub des Einspritzventils (3) durch eine Korrektur einer Ansteuerspannung ($U_{\text{Ansteuer}, i}$) des Einspritzventils (3) in Abhängigkeit des Zylindergleichstellungsfaktors ($F_{\text{ZGST}, i}$) korrigiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerspannung ($U_{\text{Ansteuer}, i}$) durch Multiplikation mit dem Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) korrigiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) auf einen Maximalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$) beschränkt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) auf einen Minimalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$) beschränkt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Korrekturfaktor ($F_{\text{T einspritz}, i}$) für die Einspritzdauer nach folgenden Vorschriften berechnet wird:

– Der Korrekturfaktor ($F_{\text{T einspritz}, i}$) ist gleich 1, 0, wenn der Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) kleiner als der Maximalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$) und größer als der Minimalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$) ist.

– Der Korrekturfaktor ($F_{\text{T einspritz}, i}$) ist gleich dem Quotient aus Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) und Maximalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$) wenn der Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) größer als der Maximalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Max}}$) ist.

– Der Korrekturfaktor ($F_{\text{T einspritz}, i}$) ist gleich dem Quotient aus Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) und Minimalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$), wenn der Zylindergleichstellungsfaktor ($F_{\text{ZGST}, i}$) kleiner als der Minimalwert ($F_{\text{ZGST}, \text{Min}}$) ist.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die geforderte Einspritzmenge des Zylinders (Z_i) mit dem Korrekturfaktor $F_{\text{T einspritz}, i}$ multipliziert wird und anschließend in eine zylinderindividuelle Einspritzzeit ($T_{\text{Einspritz}, i}$) umgerechnet wird.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Verwendung in Brennkraftmaschinen mit Benzin-Direkteinspritzung, insbesondere mit strahlgeführter Benzin-Direkteinspritzung, vorgesehen ist.

9. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es nach einem der vorhergehenden Verfahren arbeitet.

10. Computerprogramm nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass es auf einem Speichermedium abspeicherbar ist.

11. Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, insbesondere für eine Brennkraftmaschine mit Benzin-Direkteinspritzung, dadurch gekennzeichnet, dass es nach einem der Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8 arbeitet.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

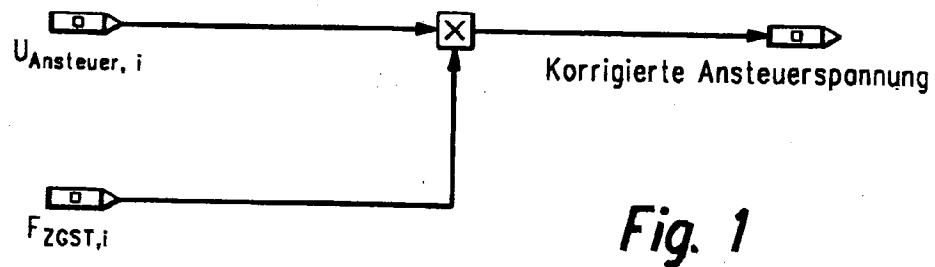


Fig. 1

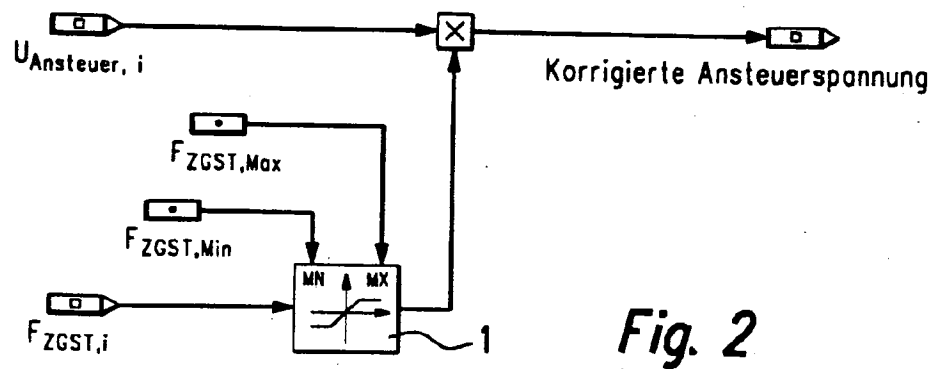


Fig. 2

Fig. 3

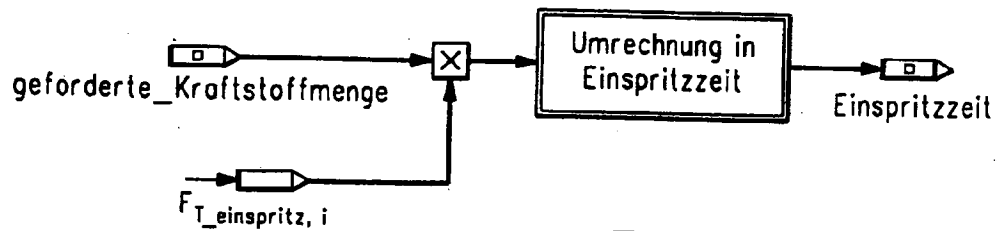
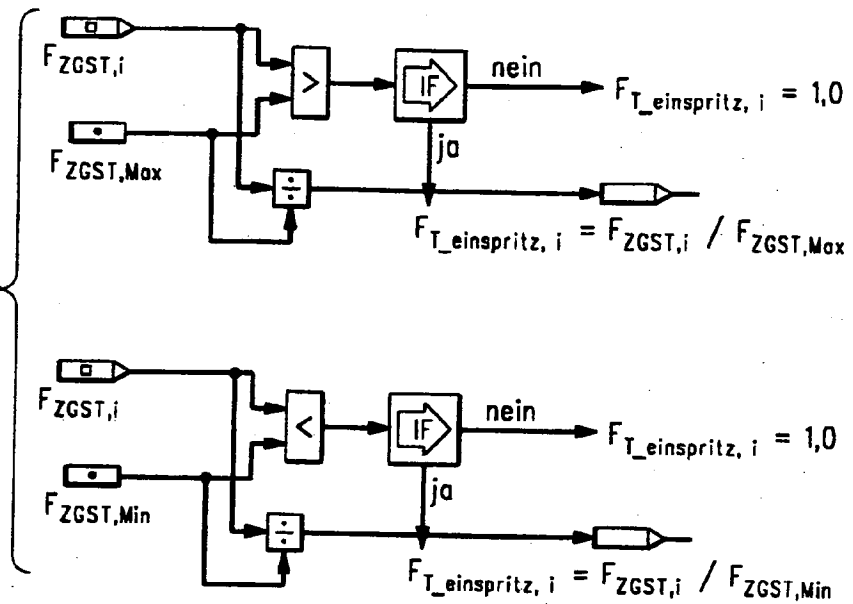


Fig. 4

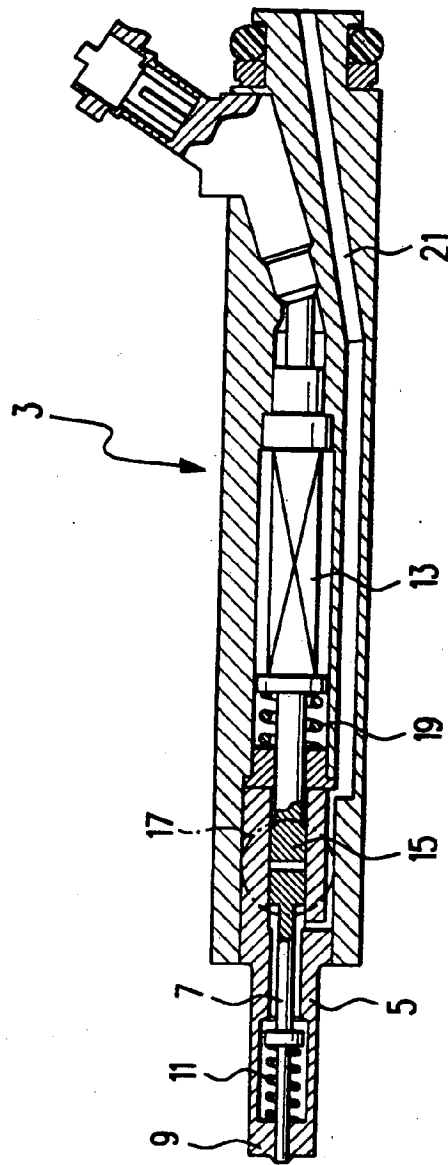


Fig. 5